

马海天才, 张家成, 刘 峰. 川西北 4 种灌丛根系分布特征及对土壤养分的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(11): 222–227.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.11.056

川西北 4 种灌丛根系分布特征及对土壤养分的影响

马海天才¹, 张家成¹, 刘 峰²

(1. 成都农业科技职业学院, 四川成都 611130; 2. 四川农业大学风景园林学院, 四川成都 610041)

摘要:以川西北 4 种灌丛为研究对象, 为明确 4 种灌丛根系分布特征及对土壤养分的影响, 通过野外调查和室内试验相结合的研究方法, 分析了川西北 4 种灌丛(马桑、三颗针、峨眉蔷薇、野花椒)根系分布特征, 生物量与土壤养分之间差异性和相互关系。结果表明, 4 种不同灌丛根系平均生物量的大小顺序依次为: 马桑 > 三颗针 > 野花椒 > 峨眉蔷薇, 分别为 433.3、348.4、416.3、458.3 g, 马桑和三颗针明显高于野花椒和峨眉蔷薇。4 种灌丛根系生物量的分布特征均是随着土层的加深, 根系生物量迅速降低, 其中 0~20 cm 土壤层是 4 种灌丛根系的集中分布层, 4 种灌丛根系的生物量占总生物量的比例分别达到 59.10%、44.40%、47.61%、44.92%。灌丛根系的主根长基本表现为马桑 > 三颗针 > 峨眉蔷薇 > 野花椒, 其中, 不同灌丛根长差异显著, 灌丛根系的数量、根表面积、根体积的变化趋势与主根长的变化表现出相同的规律, 并且根长、根系数量、根表面积差异显著, 4 种灌丛根系水平分布差异不显著, 不同灌丛的根系垂直分布差异显著。不同灌丛植株碳、氮、钾含量基本表现为马桑 > 三颗针 > 峨眉蔷薇 > 野花椒, 不同灌丛植株磷含量差异不显著, 除了全磷以外, 不同灌丛土壤养分大小依次表现为马桑 > 三颗针 > 野花椒 > 峨眉蔷薇。相关性分析表明, 植株碳、氮、磷、钾元素含量与土壤碳、氮、磷、钾元素含量呈显著的相关性, 土壤有机碳、全氮含量均与灌丛根系指标有显著的相关性, 表明灌丛根系具有保留土壤养分的能力。

关键词:川西北; 灌丛; 根系; 土壤养分

中图分类号: S158.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)11-0222-06

植物通过发达的根系进行养分传输, 从土壤中吸收生长所需的养分, 然后利用根系向植物各部分传送, 从而满足植物各部分的生长需要, 这样植物通过根系实现了与外界环境的能量交换^[1-3]。根系越发达, 说明植物根系能够进行更深入、更大面积的土壤养分吸收, 从而增强对土壤养分的利用效能, 根系的分布特点很大程度上决定了根系生物量的分布, 同时也从侧面反映了根系吸收养分的土层特点^[4-5]。Hales 第一次明确提出根系分布的研究意义, 后续关于植物根系的相关研究不断出现, 并在根系生长及分布特性方面取得了深入的研究成果, 同时在环境特点对根系的影响方面进行了探究。科技进步为改进研究方法提供了条件, 但植物根系的生长及分布等均位于地下, 因此较为普遍使用土钻法、挖掘法。

众所周知, 植物生长发育依赖土壤, 植物也在土壤生态循环中起着重要作用, 成为其中的重要组成部分, 同时二者的关系及作用机制研究也是土壤学和生态学的研究热点^[6-7]。大量研究发现, 植物对土壤养分的吸收能力取决于根系是否发达, 只有根系分布较广, 才能更大面积地吸收土壤中的有机物等营养成分, 根系深才能吸收土壤深层的养分, 降低干旱等异常气候带来的影响, 因此可以说根系分布决定着植物吸收营养空间的大小, 决定着土壤养分的获取能力^[8-9]。研究植物必然不能脱离根系研究, 根系生物量在土层中的分布直接影响着土壤的抗冲性; 另外, 土层深度的变化特点直接影响着根

系的垂直分布状况, 这一方面取决于植物自身的生长特性, 另一方面受到土壤养分含量等因子的制约^[10]。与植物地上部分的相关研究相比, 植物的地下部分生长机制及土壤特性等研究具有一定的难度^[11], 根系作为植物生长的关键部位, 要加强对其生长机制及影响因素的研究, 从而探究植物和环境的关系。本研究选择了川西北 4 种灌丛植物作为研究对象, 通过其根系分布特征来研究其与土壤养分等环境因素之间存在的关系, 进而为该地区植物保护及恢复提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域位于四川西北部的北川县(31°41′~32°14′N, 103°44′~104°42′E), 该区域主要是松潘-甘孜地槽褶皱结合部, 境内山峦起伏, 山脉基本上以白什、外白为界, 西部主要是岷山山脉, 东部则以龙门山脉为主, 其中海拔最高的为插旗山, 其海拔接近于 4 769 m, 北川的最低点为香水渡, 其海拔为 540 m, 从而导致了该区域海拔差距超过了 4 000 m。该区域地势西北高、东南低, 在大陆性季风气候的影响下呈现明显的四季分明特点, 但整体来说雨量较为充沛、气温温和为主, 县城曲山的年均气温为 15.6℃, 年降雨量达 1 399.1 mm, 最高温度在 7 月, 平均高达 36.1℃, 最低温度低至 -4.5℃。该区域 84.3% 的土地面积为林业用地, 其中森林覆盖率达 78.6%, 主要土质是砾石土、壤土、黏土, 其中砾石土最多。土壤分布具有明显的带状特点, 植被分布也是随着土壤分布的不同而呈现带状分布特点。

1.2 试验设计

试验于 2016 年 7 月进行, 首先从研究区域内选取 4 块灌

收稿日期: 2017-09-13

基金项目: 四川省林业局课题(编号: SC20150912)。

作者简介: 马海天才(1963—), 男, 彝族, 四川甘洛人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为生理生态学。E-mail: MHTcai@126.com。

丛样地,要求样地大小达到 5 m×5 m,且要求样地内植物生长良好。选取的 4 种灌丛分别是马桑、峨眉蔷薇、三颗针、野花椒,并从每种不同生长年限的灌丛中抽取长势良好的 20 株为标准株,对株高等生长特点进行测定。试验中采取整株挖

掘法进行根系生物量的测定,在将标准株地上生长部分剪掉的前提下,再从地面开始每隔 20 cm 为 1 层,之后通过逐层挖掘的方式进行土壤取样。不同灌丛的基本情况见表 1。

表 1 不同灌丛基本情况

灌丛	株高 (m)	冠幅 (m)	基茎 (cm)	分枝数 (个)	叶面积指数
马桑	2.36±0.26	2.03±0.24	5.17±0.65	3.33±0.31	12.35±0.36
峨眉蔷薇	2.54±0.14	1.85±0.19	4.59±0.34	35.67±0.37	8.21±0.21
三颗针	1.78±0.28	2.14±0.35	4.12±0.51	15.67±0.64	11.37±0.87
野花椒	2.98±0.34	1.56±0.25	5.63±0.42	13.33±0.52	10.79±0.65

1.3 样品采集与测定

首先进行土样采集:从六棱型网格内进行试验土样采集,选取对象为灌丛生物埂样地,且要求种植年限不同,然后分别在不同年限生物埂护坡的坡顶、坡中、坡底对所选取的灌丛进行土壤下挖,土壤剖面直达根系下方 200 cm 的深度,从地面开始每隔 20 cm 为 1 层,之后通过逐层挖掘的方式进行土壤取样,这样就形成 0~20 cm、直至 180~200 cm 的多层土取样。通过环刀法进行取土,并按照相应的层次用铝盒收纳;为了进行土样指标的对比,还要选择对照土样的取土,本试验中对照土样的选土位置为裸露坡面的坡位,待取土完成后对其各指标进行测定。

土样选取完成后,带回实验室并进行风干处理,待风干之后进行均匀混合:(1)通过四分法对部分土样进行过筛处理,要求筛的规格为 1 mm,过筛之后的这部分土样以备后续进行速效氮、速效磷、速效钾的成分测定;(2)再从中取出部分土样进行研磨处理,之后用 0.25 mm 筛进行过滤处理,以备后续进行全氮、全磷、全钾的成分测定。为提升测定准确性,对以上测定进行 3 次重复。

植株根系的清洗采用纯水,清洗时放在孔径为 5 mm×5 mm 的筛子内进行,清洗完毕进行晾干,最后装入信封,之后要开展根系长度、表面积、根体积等主要参数的测定及分析。通过 32 bit 的 EPSON 根系扫描仪来分析主要的根系参数^[11],该仪器能够对根系进行清晰扫描和成像分析,从而获取准确的根量、根体积等重要指标。最后将风干处理过的根系通过坐标纸进行平铺,采取 20 cm 为 1 层的分层处理后截断根系,并用信封收纳;最后在 80 ℃ 的条件下对植物根系进行 24 h

烘干处理,晾干达到恒质量状态后用 1% 的天平进行称量,进而对根系生物量进行计算。

1.4 数据处理

数据的统计整理采用 Excel 2010 进行,利用 SPSS 18.0 开展相应的方差分析,LSD 多重比较分析,对数据差异性进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 根系生物量和空间分布

根干质量的指标能够直观地反映根系在土壤中的分布情况,从表 2 可以看出,通过对 4 种灌丛的根系总生物量进行测定,4 种灌丛根系平均生物量的大小顺序依次为:马桑>三颗针>野花椒>峨眉蔷薇,分别为 433.3、348.4、416.3、458.3 g,马桑和三颗针明显高于野花椒和峨眉蔷薇。

由于不同植物的生长特性不同,不同土壤层内根系的生物量也存在一定的差异。土壤不同深度的根系生物量,可以反映该植物在某一土层深度的生长能力和积累的生物量,而积累的生物量越多,说明在该层中利用土壤营养、水分和微量元素的能力越强。不同土壤层内灌丛根系生物量如表 2 所示。4 种灌丛根系生物量的分布特征均是随着土层的加深,根系生物量迅速降低,其中 0~20 cm 土壤层是 4 种灌丛根系的集中分布层,马桑、峨眉蔷薇、三颗针、野花椒 4 种灌丛根系的生物量占总生物量的比例分别达 59.10%、44.40%、47.61%、44.92%,马桑的根系分布超过 2 m,峨眉蔷薇和野花椒根系深度在 1.6 m,三颗针根系深度在 1.8 m。

表 2 不同灌丛根系生物量和分布比例

土层深度 (cm)	根系生物量(g/m ²)				根系分布比例(%)			
	马桑	峨眉蔷薇	三颗针	野花椒	马桑	峨眉蔷薇	三颗针	野花椒
0~20	256.1	154.7	198.2	186.7	59.10	44.40	47.61	44.92
>20~40	72.3	86.3	103.5	153.4	16.69	24.77	24.86	24.03
>40~60	51.2	42.3	42.1	124.7	11.82	12.14	10.11	16.40
>60~80	23.8	35.4	25.8	53.2	5.49	10.16	6.20	8.33
>80~100	15.6	16.8	21.4	26.5	3.60	4.82	5.14	4.15
>100~120	7.7	8.7	16.5	8.9	1.78	2.50	3.96	1.39
>120~140	3.5	2.6	5.4	3.5	0.81	0.75	1.30	0.55
>140~160	0.8	1.6	2.1	1.4	0.18	0.46	0.50	0.22
>160~180	1.1		1.3		0.25		0.31	
>180~200	1.2				0.28			

2.2 根系分布特征

根是植物直接与土壤接触的营养器官,也是植物生物量

的重要组成部分。从表 3 可以看出,灌丛的根系分布呈“伞”形分布,主根明显,侧根较多。灌丛根系的主根长基本表现为

马桑>三颗针>峨眉蔷薇>野花椒,其中不同灌丛根长差异显著,根长的最大值达到 200 cm。根系长度能表明根系吸收功能的指标,灌丛根系较长,说明灌丛有较强的吸收水分和养分的能力。根量是研究根系空间分布的最常用的参数,灌丛根系的数量、根表面积、根体积的变化趋势与主根长的变化表现出相同的规律,马桑根系的根量、根表面积、根体积均明显比其他灌丛多,分别为 1 562 条、98.52 cm²、214.02 cm³,不同

灌丛根长、根系数量、根表面积差异显著。根系体积表现为马桑>三颗针>峨眉蔷薇>野花椒,其中,3 颗针和峨眉蔷薇差异不显著。灌丛根系水平分布由于生物埂网格大小的限制,根系为了满足植株自身的养分和水分需求只能沿着土层往下生长,水平分布最大值为 85.36 cm,4 种灌丛根系水平分布差异不显著,而不同灌丛的根系垂直分布差异显著,根系垂直分布最大值达 215.23 cm。

表 3 不同灌丛根系分布特征

灌丛	根长 (cm)	根数量 (条)	根表面积 (cm ²)	根体积 (cm ³)	根垂直分布 (cm)	根水平分布 (cm)
马桑	568.98±32.45a	1 562±56a	98.52±15.02a	214.02±23.51a	215.23±36.01a	85.36±9.05a
峨眉蔷薇	420.14±36.27c	986±28c	43.15±8.46c	123.05±28.97b	168.89±25.84c	68.49±8.14a
三颗针	458.71±56.02b	1 203±79b	65.23±5.96b	156.48±15.06b	192.57±32.05b	72.14±6.32a
野花椒	325.71±24.15d	723±61d	25.14±2.01d	85.17±18.94c	155.49±19.87d	61.23±9.48a
$\bar{x} \pm s$	443.39±29.41	1 118.50±71	58.01±9.25	144.68±20.58	185.55±28.79	71.81±8.99
CV	22.70%	31.73%	54.46%	37.77%	12.49%	14.08%
F 值	125.36	169.84	186.02	187.21	176.24	125.73
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注:表中数据为平均值±标准误差,同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

2.3 不同灌丛根系养分含量

根系是连接植物和土壤的纽带,影响着土壤中养分向植物体输送以及在土壤中的运移。4 种灌丛养分含量见图 1,碳含量变化范围在 356.89~423.25 g/kg,大小依次表现为马桑>三颗针>峨眉蔷薇>野花椒,其中峨眉蔷薇和野花椒差异不显著,二者显著低于马桑和三颗针(图 1-A);氮含量变化范围在 10.74~16.25 g/kg,大小依次表现为颗针>野花椒

>马桑>三峨眉蔷薇,其中马桑和三颗针差异不显著,二者显著高于峨眉蔷薇和野花椒(图 1-B);磷含量变化范围在 0.95~1.02 g/kg,大小依次表现为三颗针>野花椒>马桑>峨眉蔷薇,不同灌丛磷含量差异不显著(图 1-C);钾含量变化范围在 20.74~26.25 g/kg,大小依次表现为马桑>三颗针>峨眉蔷薇>野花椒,其中三颗针和峨眉蔷薇差异不显著(图 1-D)。

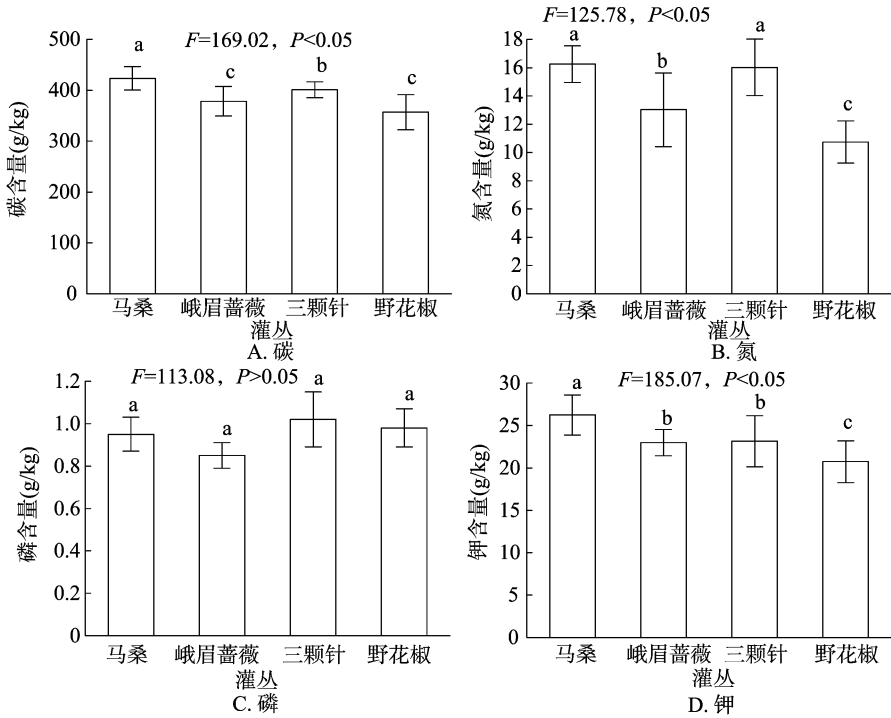


图1 不同灌丛根系养分含量

2.4 不同灌丛土壤养分含量

不同灌丛土壤有机碳含量变化范围在 10.01~15.36 g/kg,大小依次顺序为马桑>三颗针>峨眉蔷薇>野

花椒,不同灌丛天然有机碳含量差异显著(图 2-A);不同灌丛土壤全氮含量变化范围在 1.07~1.56 g/kg,大小依次顺序为马桑>三颗针>野花椒>峨眉蔷薇,其中三颗针与野花椒

差异不显著,峨眉蔷薇与野花椒差异不显著(图 2-B);不同灌丛土壤全磷含量变化范围在 1.09 ~ 1.24 g/kg,大小依次顺序为马桑 > 三颗针 > 野花椒 > 峨眉蔷薇,不同灌丛土壤全磷含量差异不显著(图 2-C);不同灌丛土壤全钾含量变化范围在 4.15 ~ 5.36 g/kg,大小依次顺序为马桑 > 三颗针 > 野花椒 > 峨眉蔷薇,马桑、三颗针、野花椒之间差异不显著,显著高于峨眉蔷薇(图 2-D);不同灌丛土壤有效磷含量变化范围在 105.47 ~ 148.26 mg/kg,大小依次顺序为马桑 > 三颗针 > 野花椒 > 峨眉蔷薇,不同灌丛土壤有效磷含量差异显著

(图 2-E);不同灌丛土壤铵态氮含量变化范围在 38.97 ~ 56.98 mg/kg,大小依次表现为马桑 > 三颗针 > 野花椒 > 峨眉蔷薇,不同灌丛土壤铵态氮含量差异显著(图 2-F);不同灌丛土壤硝态氮含量变化范围在 16.25 ~ 23.56 mg/kg 之间,大小依次表现为三颗针 > 马桑 > 野花椒 > 峨眉蔷薇,马桑与三颗针差异不显著,二者显著高于野花椒和峨眉蔷薇(图 2-G);不同灌丛土壤有效钾含量变化范围在 86.32 ~ 126.32 mg/kg,大小依次表现为马桑 > 三颗针 > 野花椒 > 峨眉蔷薇,马桑与三颗针差异不显著,显著高于峨眉蔷薇(图 2-H)。

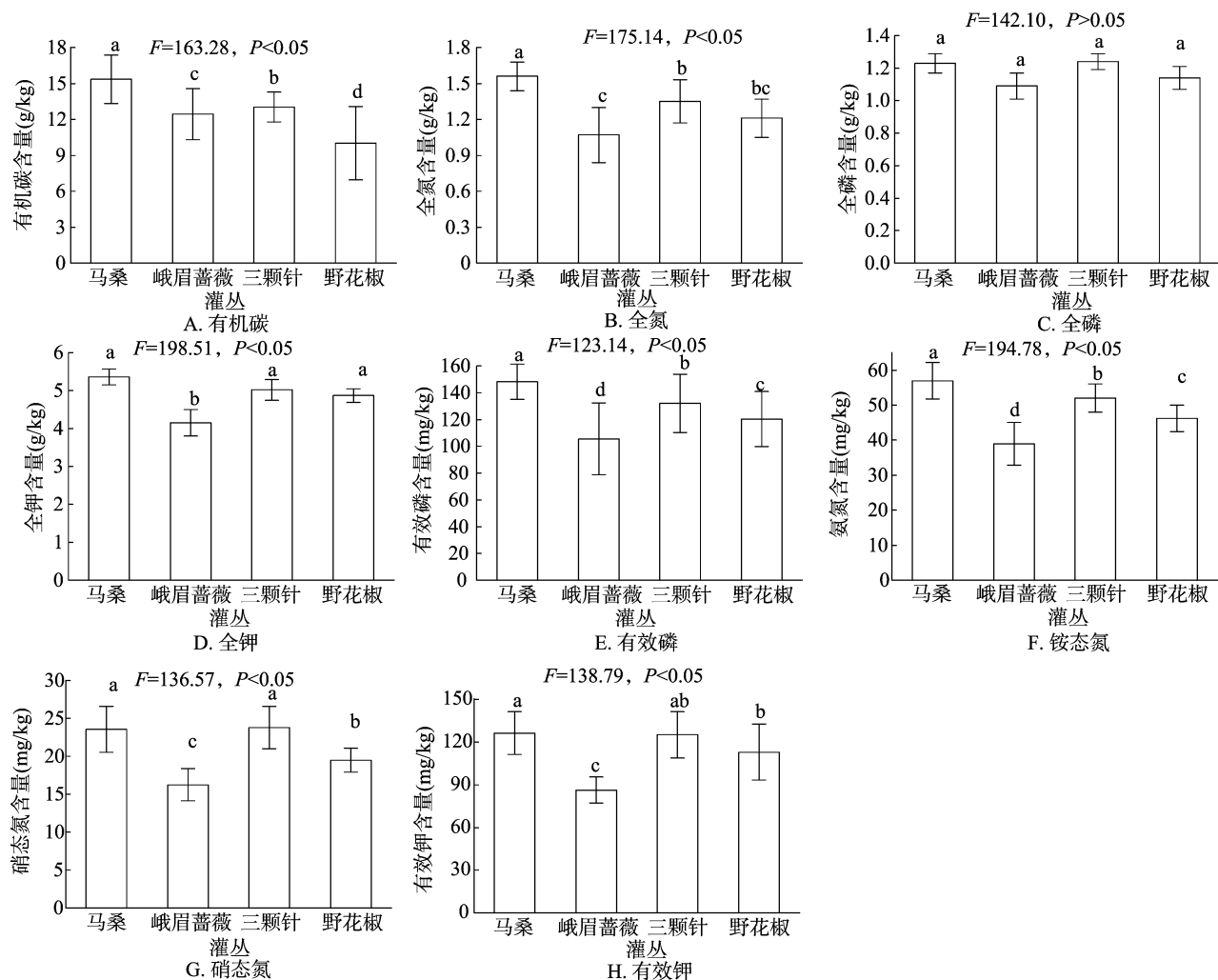


图2 不同灌丛土壤养分含量

2.5 根系分布与土壤养分的相关性分析

对不同灌丛根系分布与土壤养分含量进行相关性分析,不同指标相关性关系见表 4。马桑根长与土壤有机碳、全氮、全磷、有效磷、铵态氮含量呈显著正相关;根数量与土壤全氮、有效磷、硝态氮含量呈显著正相关;根表面积与土壤有机碳、全氮、全钾、铵态氮、硝态氮呈显著正相关;根体积与土壤全磷、有效磷、铵态氮、有效钾呈显著正相关;灌丛碳含量与土壤有机碳、全氮、铵态氮和硝态氮呈显著正相关;灌丛氮含量与土壤有机碳、全氮、铵态氮和硝态氮呈显著正相关;灌丛磷含量与土壤全磷呈显著正相关;灌丛钾含量与土壤有机碳、全钾和有效磷呈显著正相关。

峨眉蔷薇根长与土壤有机碳、全氮、全磷、有效磷、氨氮含

量呈显著正相关;根数量与土壤全氮、有效磷呈显著正相关;根表面积与土壤有机碳、全氮、全钾、氨氮、硝态氮呈显著正相关;根体积与土壤全磷、有效磷、有效钾呈显著正相关;灌丛碳含量与土壤有机碳、全氮、有效钾呈显著正相关;灌丛碳含量与土壤有机碳、全氮、氨氮和硝态氮呈显著正相关;灌丛碳含量与土壤全磷呈显著正相关;灌丛钾含量与土壤有机碳、全钾呈显著正相关。

三颗针根长与土壤有机碳、全氮、有效磷、氨氮、有效钾含量呈显著正相关;根数量与土壤全氮呈显著正相关;根表面积与土壤有机碳、全氮、全钾、氨氮、硝态氮呈显著正相关;根体积与土壤全磷、有效磷呈显著正相关;灌丛碳含量与土壤有机碳、全氮、有效钾呈显著正相关;灌丛氮含量与土壤有机碳、全

氮、氨氮、硝氮和有效钾呈显著正相关;灌丛磷含量与土壤全磷呈显著正相关;灌丛钾含量与土壤有机碳、全钾呈显著正相关。

野花椒根长与土壤有机碳、全氮、有效磷、铵态氮、有效钾含量呈显著正相关;根数量与土壤全钾含量呈显著正相关;根表面积与土壤有机碳、全氮、全钾、有效磷、铵态氮、硝氮呈显

著正相关;根体积与土壤有效磷呈显著正相关;灌丛碳含量与土壤有机碳、全氮呈显著正相关;灌丛氮含量与土壤有机碳、全氮、铵态氮、硝氮和有效钾含量呈显著正相关;灌丛磷含量与土壤全磷呈显著正相关;灌丛钾含量与土壤有机碳、全钾和有效磷呈显著正相关。

表 4 根系分布与土壤养分的相关性分析

灌丛	土壤养分	相关系数							
		根长	根数量	根表面积	根体积	灌丛碳	灌丛氮	灌丛磷	灌丛钾
马桑	有机碳	0.923 **	0.278	0.903 **	0.101	0.925 **	0.912 **	0.201	0.775 **
	全氮	0.842 **	0.657 *	0.842 **	0.256	0.923 **	0.947 **	0.253	0.123
	全磷	0.678 *	0.404	0.436	0.556 *	0.147	0.056	0.909 **	0.046
	全钾	0.123	0.203	0.547 *	0.214	0.056	0.114	0.102	0.979 **
	有效磷	0.901 **	0.759 **	0.212	0.599 *	0.096	0.269	0.136	0.542 *
	铵态氮	0.745 **	0.101	0.789 **	0.536 *	0.125	0.914 **	0.247	0.123
	硝态氮	0.234	0.524 *	0.543 *	0.102	0.347	0.882 **	0.299	0.136
	有效钾	0.475	0.464	0.423	0.510 *	0.575 *	0.402	0.323	0.275
峨眉蔷薇	有机碳	0.879 **	0.212	0.855 **	0.126	0.941 **	0.945 **	0.229	0.789 **
	全氮	0.913 **	0.547 *	0.812 **	0.242	0.889 **	0.912 **	0.147	0.145
	全磷	0.533 *	0.414	0.301	0.526 *	0.178	0.323	0.912 **	0.014
	全钾	0.213	0.156	0.666 *	0.247	0.265	0.147	0.301	0.965 **
	有效磷	0.810 **	0.569 *	0.217	0.529 *	0.342	0.216	0.156	0.347
	铵态氮	0.514 *	0.114	0.742 **	0.311	0.247	0.923 **	0.269	0.016
	硝态氮	0.011	0.347	0.501 *	0.204	0.324	0.869 **	0.217	0.102
	有效钾	0.475	0.424	0.413	0.536 *	0.569 *	0.412	0.302	0.236
三颗针	有机碳	0.856 **	0.203	0.723 **	0.102	0.901 **	0.903 **	0.243	0.756 **
	全氮	0.923 **	0.569 *	0.863 **	0.245	0.875 **	0.910 **	0.222	0.101
	全磷	0.014	0.470	0.347	0.596 *	0.014	0.317	0.854 **	0.074
	全钾	0.424	0.125	0.639 *	0.247	0.231	0.102	0.369	0.905 **
	有效磷	0.722 **	0.423	0.234	0.523 *	0.374	0.236	0.102	0.336
	铵态氮	0.523 *	0.112	0.789 **	0.201	0.202	0.914 **	0.113	0.013
	硝态氮	0.427	0.323	0.523 *	0.249	0.313	0.853 **	0.274	0.146
	有效钾	0.612 *	0.408	0.401	0.423	0.501 *	0.507 *	0.335	0.220
野花椒	有机碳	0.852 **	0.235	0.896 **	0.163	0.923 **	0.863 **	0.231	0.632 *
	全氮	0.821 **	0.014	0.875 **	0.254	0.874 **	0.941 **	0.256	0.124
	全磷	0.032	0.369	0.301	0.542	0.087	0.326	0.823 **	0.025
	全钾	0.413	0.521 *	0.622 *	0.214	0.145	0.147	0.301	0.917 **
	有效磷	0.526 *	0.052	0.547 *	0.518 *	0.326	0.096	0.156	0.325
	铵态氮	0.689 *	0.147	0.698 *	0.236	0.258	0.923 **	0.147	0.024
	硝态氮	0.214	0.320	0.652 *	0.047	0.324	0.837 **	0.258	0.148
	有效钾	0.633 *	0.417	0.321	0.423	0.215	0.521 *	0.378	0.236

注:“*”“**”分别表示显著($P<0.05$)、极显著($P<0.01$)相关。

3 讨论与结论

通过灌丛根系指标研究发现,不同灌丛具有不同的根长,其中马桑的根系最长,其次为三颗针、野花椒、峨眉蔷薇,马桑的最大根长达到 215.23 cm。植株对环境的适应性能够通过根长指标进行反映,灌丛生长在生物埂网格内,其根系难以进行水平方向扩展,在这种情况下,根系一般会向地下方向生长,从而获取更大面积的养分吸收范围,最终促进植物生长,通过根系的分布调整来适应环境变化,促进自身生长。通过研究不难发现,根系长度最能直观体现出根系的养分吸收能力,一般而言,根系的吸收能力与其根长成正比^[12-13],野花椒和峨眉蔷薇对养分和水分的吸收能力弱于马桑和三颗针。

研究发现,无论是灌丛根系数量,还是灌丛表面积及体积,均具有类似于根长的变化规律,马桑不仅根系最长,而且其根系数量多达 1 562 条,在 4 种灌丛中根量最多,根系表面积及体积分别达到了 98.52 cm²、214.02 cm³,远远高于其他 3 种灌丛。本研究中 4 种灌丛的根系长度、根系数量及表面积存在明显差异,这主要与不同灌丛生长特性有关。不同的灌丛,其根体积大小也有较大差异^[14],具体表现为马桑>三颗针>峨眉蔷薇>野花椒。根体积能对根系在土层中的分布进行直观的体现,也能从侧面反映出土壤特性,三颗针与峨眉蔷薇在根体积方面的差异不显著,这主要是虽然在植株新陈代谢过程中部分老根发生变化,但因其属于多年生宿根植株,导致根系的体积变化不明显。根表面积能够体现出根系对养分

及水分的吸收面积,进而影响根系整体的吸收能力。

植物通过发达的根系进行养分传输,从土壤中吸收生长所需的养分,然后利用根系向植物各部分传送,从而满足植物各部分的生长需要,这样就实现了根系与外界土壤、水分等能量的交换^[15-16]。大多数植物每年会有落叶等进入土壤,最终在微生物的作用下形成了土壤腐殖质,这对于土壤有机质的提升起到了巨大作用,最终增强了土壤的营养成分^[2]。根系相对发达,其根长及根面积、体积等越大,这样在根系周边附着的生物量也就越大,这是植物自身生长特性及外界环境共同作用下的结果^[17]。本试验结果,不同灌丛具有明显不同的根系平均生物量,其中马桑的生物量最大,与其根长、根数量、根表面积、根体积最大相符合,其次是三颗针、峨眉蔷薇、野花椒的生物量最小。通过研究发现,在土层不断加深的情况下,这 4 种灌丛的根系生物量出现明显的下降趋势,也就是说灌丛根系生物量基本上与土壤深度呈相反的变化趋势,且集中分布层位于地表至下方 20 cm 的土壤范围内,马桑、峨眉蔷薇、三颗针、野花椒 20 cm 土层内分布的根系生物量分别达到了 59.10%、44.40%、47.61%、44.92%。

灌丛根系在不断的生长、穿插乃至死亡的过程中,产生了很大的生物量变化,根系土壤中的元素也存在很大的差异,研究发现不同灌丛的碳、氮、钾含量以马桑含量最高,依次是马桑>三颗针>峨眉蔷薇>野花椒,不同灌丛的磷含量差异不显著,表现出了与灌丛根系分布同样的规律。土壤直接决定着植物生存的地质条件^[18-19],直接影响根系对养分吸收的面积和体积,最终影响植物的生长,因此土壤影响着植物的生长发育^[20-21];但植被对于改善土壤活性等起着重要的作用^[22-23]。本试验结果,除全磷比较特殊外,其他根系土壤养分含量高低依次为马桑>三颗针>野花椒>峨眉蔷薇;根系在土壤中的缠绕及分布等直接对土壤养分的分布特点起到了决定作用。通过相关性分析,土壤中的有机碳和全氮均与灌丛根系存在显著的相关性;另外,植株碳、氮、磷、钾元素含量与土壤中这些元素的含量息息相关,并具有显著的相关性。

参考文献:

- [1] Ola A, Dodd I C, Quinton J N. Can we manipulate root system architecture to control soil erosion? [J]. Soil, 2015, 2 (1): 603-612.
- [2] Ghestem M, Veylon G, Bernard A, et al. Influence of plant root system morphology and architectural traits on soil shear resistance[J]. Plant and Soil, 2014, 377 (1/2): 43-61.
- [3] Sánchez-Blanco M J, Álvarez S, Ortuño M F, et al. Root system response to drought and salinity: root distribution and water transport [M]// Root Engineering, 2014: 325-352.
- [4] Leung F T, Yan W M, Hau B C, et al. Root systems of native shrubs and trees in Hong Kong and their effects on enhancing slope stability [J]. Catena, 2015, 125: 102-110.
- [5] Liu B, He J X, Zeng F J, et al. Life span and structure of ephemeral root modules of different functional groups from a desert system[J]. New Phytologist, 2016, 211 (1): 103-112.
- [6] Saura-Mas S, Lloret F. Adult root structure of Mediterranean shrubs: relationship with post-fire regenerative syndrome[J]. Plant Biology, 2014, 16 (1): 147-154.
- [7] Wu Y, Guo L, Cui X H, et al. Ground-penetrating radar-based automatic reconstruction of three-dimensional coarse root system architecture[J]. Plant and Soil, 2014, 383 (1/2): 155-172.
- [8] Navarro-Cano J A, Verdú M, García C, et al. What nurse shrubs can do for barren soils: rapid productivity shifts associated with a 40 years ontogenetic gradient [J]. Plant and Soil, 2015, 388 (1/2): 197-209.
- [9] Gruber B D, Giehl R H, Friedel S, et al. Plasticity of the arabidopsis root system under nutrient deficiencies [J]. Plant Physiology, 2013, 163 (1): 161-179.
- [10] Zanetti C, Vennetier M, Meriaux P A. Plasticity of tree root system structure in contrasting soil materials and environmental conditions [J]. Plant and Soil, 2015, 387 (1/2): 21-35.
- [11] Nagel K A, Bonnett D, Furbank R, et al. Simultaneous effects of leaf irradiance and soil moisture on growth and root system architecture of novel wheat genotypes: implications for phenotyping[J]. Journal of Experimental Botany, 2015, 66 (18): 5441-5452.
- [12] Vacheron J, Desbrosses G, Bouffaud M, et al. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning[J]. Frontiers in Plant Science, 2013, 4: 356.
- [13] Lobet G, Pound M P, Diener J, et al. Root system markup language: toward a unified root architecture description language [J]. Plant Physiology, 2015, 167 (3): 617-627.
- [14] Silva-Navas J, Moreno-Risueno M A, Manzano C, et al. D-Root: a system for cultivating plants with the roots in darkness or under different light conditions [J]. The Plant Journal, 2015, 84 (1): 244-255.
- [15] Mairhofer S, Zappala S, Tracy S, et al. Recovering complete plant root system architectures from soil via X-ray μ -Computed Tomography [J]. Plant Methods, 2013, 9 (1): 1-7.
- [16] Lavenus J, Guyomarc'h S, Laplace L. PIN transcriptional regulation shapes root system architecture [J]. Trends in Plant Science, 2016, 21 (3): 175-177.
- [17] Gutjahr C, Paszkowski U. Multiple control levels of root system remodeling in arbuscular mycorrhizal symbiosis [J]. Frontiers in Plant Science, 2013, 4: 204.
- [18] 金世杰, 费良军, 傅渝亮. 土壤水分再分布特性研究进展 [J]. 排灌机械工程学报, 2016, 34 (3): 251-259.
- [19] 王卫华, 雷龙海. 毛坪铅锌矿区农耕地土壤重金属空间分布、污染与生态评估 [J]. 排灌机械工程学报, 2016, 34 (11): 979-989.
- [20] 郑娜, 司剑华, 乔建华. 土壤增温对高寒冻土层地区青杨生长的影响 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44 (5): 234-237.
- [21] 孙凯文, 施凯峰, 时佩佩, 等. 碳调节剂对次生盐渍化土壤理化性质及白菜幼苗生长的影响 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44 (2): 206-208.
- [22] Gérard F, Blitz-Frayret C, Hinsinger P, et al. Modelling the interactions between root system architecture, root functions and reactive transport processes in soil [J]. Plant and Soil, 2017, 413 (1/2): 161-180.
- [23] Szoboszlai M, Lambers J, Chappell J, et al. Comparison of root system architecture and rhizosphere microbial communities of Balsamorhiza hirsuta and domesticated corn cultivars [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2015, 80: 34-44.